

El procés d'aprendre a plantejar preguntes investigables

The process of learning to ask researchable questions

Melina Furman / Universitat de San Andrés. Escola d'Educació (Argentina)

María del Carmen Barreto Pérez / Universitat de Piura. Facultat de Ciències de l'Educació (Perú)

Neus Sanmartí Puig / Universitat Autònoma de Barcelona



resum

En aquest treball es discuteix com es poden plantejar activitats experimentals que promoguin el desenvolupament de la capacitat de formular preguntes investigables. Es presenten tres activitats d'indagació en química amb diferents graus d'acompanyament en l'àmbit conceptual. Els nostres resultats suggereixen que la comprensió conceptual dels fenòmens observats és un requisit indispensable per possibilitar el plantejament de preguntes investigables i, a més, que aquesta capacitat s'afavoreix si al llarg del temps es duen a terme treballs enfocats a l'exploració empírica de fenòmens.

paraules clau

Preguntes investigables, indagació, didàctica de la química, treballs pràctics.

abstract

This study discusses the kinds of experimental work in the science classroom that promotes the development of the skill of asking researchable questions. We present three inquiry-based chemistry activities, with different degrees of teacher guidance. Our results suggest that conceptual understanding of the phenomena under investigation is a key requisite for students to be able to ask researchable questions. We also show that this skill is promoted if empirical inquiry of natural phenomena is developed in the science classroom over time.

keywords

Researchable questions, inquiry-based teaching, chemistry teaching, laboratory work.

Per què cal ensenyar a plantejar preguntes investigables?

Cap al 1938, Albert Einstein i Leopold Infeld parlaven, al llibre *L'evolució de la física*, sobre la importància de formular preguntes com a forma d'avançar en el coneixement del món: «Postular noves preguntes, noves possibilitats, mirar vells problemes des d'un nou angle», deien, «requereix imaginació creativa i marca l'avenç real en les ciències». De la mateixa manera que per als científics, per als estudiants les preguntes poden ser un punt de partida per a l'exploració curiosa, alhora que sistemàtica i rigorosa, d'un món que comença a ser

cada vegada més comprensible, estenent la frontera entre el que coneixen i el que encara resta seguir aprenent.

La capacitat de plantejar preguntes, i en particular preguntes investigables, és a dir, aquelles a les quals es pot donar resposta de manera empírica, mitjançant observacions o experiments, és, per tant, un aprenentatge central en la formació científica de tot ciutadà. En particular en un món en permanent canvi com l'actual, l'adquisició d'informació fàctica comença a tenir un lloc secundari enfront de l'aprenentatge de les capacitats d'anàlisi, cerca i

producció d'aquesta informació. En aquest escenari, la capacitat de formular bones preguntes i dissenyar camins metodològicament vàlids per respondre-les comença a ocupar un rol cada vegada més fonamental en la formació d'estudiants amb pensament crític i autònom, cada vegada més amos del seu trajecte d'aprenentatge.

En sintonia amb aquesta perspectiva, el programa d'avaluació OCDE (2006) estableix la capacitat d'identificar qüestions científiques com una de les tres competències científiques bàsiques. En la seva definició, s'esmenta la capacitat de «reco-

nèixer interrogants que poden ser investigats científicament en una situació determinada», juntament amb la possibilitat de començar a pensar en escenaris de resposta des d'un disseny d'investigació vàlid, «per exemple, quins elements han de ser comparats, quines variables s'haurien de modificar o sotmetre a control, quina informació complementària es requereix o quines mesures s'han d'adoptar per recollir les dades que fan al cas».

La visió del coneixement com a resultat d'un procés de cerca dut a terme per éssers humans que proven de respondre preguntes no només s'alinea amb la pràctica autèntica de la investigació científica, sinó que fins i tot té el potencial d'apropar els alumnes a la idea que ells mateixos poden ser actors en aquest procés de generació d'idees (Furman i Podestà, 2009). El fet de generar bones preguntes investigables i abordar el desafiament de respondre-les enriqueix la formació d'uns estudiants que es perceben a si mateixos com a posseïdors d'eines poderoses per estudiar el món.

El treball a l'aula amb preguntes investigables també obre la porta a l'ensenyament d'aspectes fonamentals de la naturalesa de la ciència. Quant a això, Arons (1990) esmentava la importància que els alumnes fossin capaços de «comprendre les limitacions inherents a la indagació científica i ser conscients dels tipus de preguntes que no es formulen ni es responen; ser conscients de la infinitat de preguntes sense respondre que hi ha rere tota pregunta que ha estat resposta».

La transposició del procés de formulació de preguntes en la pràctica científica a la construcció del coneixement científic escolar comporta promoure a l'aula situacions que facilitin el fet que els alumnes es plantegin

interrogants orientats a la indagació sobre un fenomen, incloses la descripció, la cerca de mecanismes causals i la posada a prova d'hipòtesis. Tanmateix, la tradició del treball a l'aula aplica un contracte didàctic, acceptat per professors i estudiants, en funció del qual a qui ensenya li pertoca plantejar preguntes i a qui aprèn, respondre-les. Tradicionalment, les preguntes dels alumnes només tenen la funció de demanar aclariments, i no tant la de dirigir el procés d'aprendre (Sanmartí i Márquez, 2012). D'acord amb aquesta observació, els estudis mostren que les preguntes que es relacionen amb la comprovació, la predicció, la gestió o l'avaluació són molt poc freqüents a l'aula, mentre que la gran majoria de les preguntes formulades tant pels estudiants com pels seus docents tenen a veure amb la descripció i la generalització (Roca, Márquez i Sanmartí, 2013).

Ensenyar a plantejar preguntes investigables a partir d'activitats experimentals

Tal com indicaven Friedler i Tamir (1990), el primer pas d'una investigació científica és definir el problema que cal investigar. Ara bé, què és un problema científic? Quines característiques tenen les preguntes que es generen a partir d'un problema científic i que són susceptibles de ser investigades?

En ciències, la decisió de definir quelcom com a *problema d'investigació* és una qüestió subjectiva derivada del judici intern i està influïda per diferents factors, com ara els interessos personals, econòmics i socials, o fins i tot els coneixements previs i els instruments de què es disposa. La curiositat i l'esperit indagador poden ser el rerefons per identificar problemes més específics, però no totes les curiositats o rareses es converteixen

automàticament en temes d'investigació científica.

Més enllà del desig d'indagar entorn d'una determinada qüestió, perquè el problema realment es concreti com a punt de partida d'una investigació, cal formular-lo en paraules que d'altres entenguin i amb la precisió necessària perquè es pugui investigar. A partir d'un problema general o de gran amplitud, és important escollir una pregunta més específica que faci referència a la relació existent entre diversos factors o fenòmens, és a dir, una «pregunta investigable». Per exemple, a partir de la pregunta general «Què provoca el càncer?», ens podem plantejar qüestions més específiques que obrin la porta a pensar una investigació, com ara «Existeix cap relació entre fumar i tenir càncer?», o bé, de forma encara més concreta, «Influeix la quantitat de cigarretes diàries que fuma una persona amb la probabilitat de tenir càncer de pulmó?». Aquestes preguntes orienten envers la planificació d'experiments i la realització d'observacions els resultats de les quals possibilitin el fet d'identificar evidències que validin una possible resposta a l'interrogant plantejat.

El treball a l'aula amb preguntes investigables també obre la porta a l'ensenyament d'aspectes fonamentals de la naturalesa de la ciència

En aquest treball ens preguntem sobre maneres de treballar a l'aula que promoguin la formulació de preguntes investigables a partir de l'observació de fenòmens. Ens ha interessat estudiar quina mena d'acompanyament didàctic afavoreix el desenvolupa-

ment d'aquesta capacitat en el marc de l'estudi de la química. Per fer-ho, analitzem el cas d'un curs semestral de formació de professors de ciències de secundària impartit a la Universitat de Piura (Perú), que forma part de PRONAFCAP, un programa nacional de capacitació i formació permanent del Ministeri d'Educació peruà. Al llarg del curs, es van realitzar una sèrie d'activitats experimentals que abordaven diversos continguts conceptuals i didàctics per a l'ensenyament de la química. La investigació es va realitzar a partir del material recollit durant les classes impartides en el curs 2011-2012, amb una mostra constituïda pels quaranta professors participants del curs. Tots ells estaven en exercici docent, distribuïts en trenta-set col·legis estatals del departament de Piura, a secundària, i el seu nivell de coneixements era divers.

En les activitats que descriurem a continuació, els professors, treballant en petits grups, van proposar una sèrie de preguntes investigables per avançar en la construcció de dissenys experimentals que permetessin respondre-les. Per a cada una de les activitats, analitzem la quantitat i el tipus de preguntes que els professors van plantejar, i les classifiquem en «investigables» i «no investigables» i les caracteritzem d'acord amb el seu propòsit.

Les activitats que es presenten en aquest escrit responien a tres dissenys diferents:

- La primera va ser plantejada com una activitat d'indagació totalment oberta i implicava el maneig de coneixements conceptuals que s'assumien com a coneguts.

- La segona va partir del context quotidià, i es va utilitzar l'anàlisi de publicitats com a recurs per aprofundir en el

contingut conceptual associat als fenòmens a investigar, i només posteriorment es va demanar de formular preguntes.

- A la tercera, l'apropament es va fer a partir d'un relat de la història de la ciència que va servir perquè els participants es posessin en el rol dels investigadors de l'època i poguessin aprendre el contingut conceptual associat al fenomen a explorar, i tot plegat també abans de formular les preguntes.

A continuació, descriurem el desenvolupament de les activitats a l'aula i la seva execució per part dels professors participants amb la finalitat de reflexionar sobre les diferents possibilitats i els desafiaments que es plantejaven d'acord amb el tipus d'acompanyament didàctic ofert en cada una d'elles, i això pensant en la seva posterior aplicació al context de l'ensenyament a secundària.

Anàlisi de cada tipus d'activitat

Tipus 1: indagació oberta que assumeix coneixements conceptuals coneguts

Aquesta activitat es va iniciar sol·licitant als professors que pensessin una situació de la vida quotidiana, com ara preparar-se una tassa de xocolata amb llet, comprovar que la reixa de la porta de casa estava oxidada o prendre un suc de taronja. A partir d'aquí, se'ls va demanar que plantegessin alguna pregunta que es pogués investigar en relació amb algun d'aquests fenòmens.

No es va donar cap informació addicional, ni es va discutir en gran grup entorn dels conceptes amb els quals es relacionaven els fenòmens. Tampoc no es va ajudar a establir connexions amb altres temes treballats, tot i que els professors comptaven amb

llibres per fer les consultes que necessitessin i connexió a Internet per realitzar la cerca d'informació que consideressin pertinent. Inicialment, es va treballar en petits grups, i cadascun d'ells va abordar un dels fenòmens esmentats.

En analitzar els àudios i les notes de camp realitzades a classe, s'observa que en tots els casos els estudiants, primer, es van preguntar sobre el fenomen i van provar d'entendre'l. Per exemple, en el fenomen de l'oxidació del ferro, deien: «Ens han demanat una pregunta per investigar perquè els alumnes facin un disseny. Ara bé, per què s'oxida el ferro? Com es contrasta l'oxidació?». En el cas de la solubilitat de la sal i el sucre, deien: «Cal veure què és la solubilitat, mirem el llibre... Crec que té a veure amb els grams que vas agregant fins que desapareix, si és que es forma una solució saturada». Finalment, un dels grups que treballava amb el suc de taronja i la vitamina C va ser el que va tenir més dificultats, ja que el tema li era desconegut. Les seves preguntes inicials van ser: «La vitamina C... on és? Com es pot determinar si n'hi ha?». En canvi, en un altre dels grups que treballava amb el mateix fenomen, hi havia una professora que el coneixia i que va explicar als seus companys què és la vitamina C, on es troba i fins i tot com es pot fer una anàlisi qualitativa de la presència de la substància en diversos suc. Això va permetre que el grup avancés més ràpidament cap a la formulació de preguntes entorn del fenomen.

Posteriorment, els professors van provar d'establir connexions amb experiències i observacions prèvies. Així, van recordar que alguns objectes de ferro de casa s'havien oxidat estant a la intempèrie, en contacte amb l'aire i l'aigua, o bé que la

temperatura afavoreix la dissolució del sucre a la llet, o també que molts sucres amb vitamina C són àcids.

Aquestes connexions van ser les que els van portar a plantejar la majoria de les preguntes que finalment van formular. En alguns casos, no van arribar a concretar les variables que investigarien o només van pensar en aquelles de les quals creien que ja coneixien la resposta. Així, van escriure: «Quins són els factors que contribueixen a l'oxidació del ferro? Quines condicions afavoreixen l'oxidació del ferro?», i també: «Influeix la temperatura en la dissolució del sucre a l'aigua?», o bé: «Quina fruita deu tenir més contingut de vitamina C?» (fig. 1). Tan sols el grup que va demostrar més

preguntes va correspondre a aquesta categoria. La resta dels interrogants va correspondre a preguntes d'altres tipus, com ara les que tenien a veure amb explicacions causals («Com és que es forma aquesta capa marró?») o amb definicions de termes («Quina reacció química s'observa en un clau oxidat?»), les quals no resultaven útils com a punt de partida per a una possible investigació.

Tal com discutirem després, la comprensió conceptual dels fenòmens involucrats en l'activitat sembla ser un factor clau darrere de la capacitat de formular preguntes investigables per part dels docents, sense la qual la possibilitat mateixa de plantejar aquesta mena de preguntes es veu molt limitada.



Figura 1. Determinació de la vitamina C en suc de llimona i altres substàncies.

coneixements de química va ser capaç de tenir-los en compte a l'hora de plantejar les preguntes. En concret, els seus membres van recordar que havien determinat el pH utilitzant suc de col·lombarda en una classe anterior i es van plantejar: «Influeix l'acidesa en la quantitat de vitamina C?».

És interessant observar que, en aquesta activitat, quan es va demanar als professors que plantejessin preguntes investigables, només un 58 % de les

Tipus 2: indagació guiada amb discussió conceptual prèvia del fenomen a investigar

En aquesta activitat, es va començar recollint les idees prèvies dels professors sobre la importància d'aplicar els coneixements de química i de desenvolupar habilitats de pensament científic i d'anàlisi d'informació en relació amb fets de la vida quotidiana, com ara l'elecció d'un producte d'ús quotidià: un xampú, una pasta de dents o un sabó.

Després, es van projectar a classe quatre vídeos publicitaris on s'exposaven les qualitats de diversos productes i que incloïen conceptes químics, com ara pH. Aquests vídeos van constituir un punt de partida perquè la docent del curs pogués parlar dels conceptes implicats en els fenòmens que es proposava investigar. Durant la discussió dels vídeos, els professors ja van començar a formular alguns comentaris preliminars que podien originar eventuais investigacions, com ara: «És veritat que el pH d'aquesta marca de sabó és 5,5?», o també: «Què deu passar amb els altres sabons?» (fig. 2 i 3), i, juntament amb els interrogants, propostes per començar-los a investigar: «Això ho podem mesurar. Tenim tots els materials necessaris a la taula de treball per fer-ho».

En aquest punt de l'activitat, se'ls va assignar un objectiu a complir: l'elecció d'un sabó i una pasta de dents per a la higiene personal usant com a criteri de selecció el factor del pH del sabó. En el marc de la tasca, els professors havien de proposar preguntes que els permetessin indagar entorn de l'acció netejadora dels diferents productes i solucionar el problema plantejat.

Per investigar l'acció netejadora dels sabons i les pastes de dents en funció del pH, els professors van comptar amb col·lombarda per mesurar-lo, diverses marques de sabons i pastes de dents i altres materials necessaris, com ara vasos d'un sol ús.

En aquesta segona versió de l'activitat, vam poder observar que el plantejament de preguntes va resultar més àgil i senzill que en la primera. En aprofundir inicialment en els aspectes conceptuals del fenomen quotidià a investigar, els professors van poder començar a plantejar un



Figura 2. Mesurant el pH de diverses marques de sabó per rentar roba.



Figura 3. Mesurant el pH de diverses marques de xampú.

major nombre de preguntes investigables que en l'activitat anterior (en aquest cas, el 70 % de les preguntes va correspondre a aquesta categoria).

També vam observar que el procés va començar amb el plantejament d'algunes qüestions simples, que convidaven a realitzar mesures i comparacions, per incorporar tot seguit d'altres més sofisticades. Les preguntes formulades a l'inici pels professors van suggerir la mesura i comparació del pH dels sabons i les pastes de dents: «El pH de les pastes de dents depèn de la

marca?», o bé: «Deu haver-hi cap diferència en el pH d'un sabó en pols i un de líquid?». A mesura que avançaven les discussions a cada grup, van anar sorgint preguntes més complexes que proposaven identificar la relació entre variables: «Com deu afectar el nivell de pH dels sabons cosmètics en la cura de la pell?», o bé: «Què afectarà més les mans d'una mestressa de casa: rentar amb un sabó de marca Ariel, un rentavai-xella o un sabó líquid?» (fig. 4).

És possible que el major maneig conceptual per part dels professors en aquesta activitat

hagi estat un element important en el desenvolupament de la seva capacitat de plantejar preguntes investigables. Al mateix temps, atès que aquesta sessió es va portar a terme a continuació de la primera activitat, els resultats ens donen la pauta que la possibilitat de sostenir un mateix tipus de treball al llarg del temps (és a dir, de continuar treballant amb els professors la formulació de preguntes investigables i el plantejament de dissenys d'investigació per respondre-les) va resultar fructífera per avançar i aprofundir en aquesta capacitat.

Tipus 3: indagació guiada amb anàlisi conceptual prèvia basada en un cas de la història de la ciència

En aquesta activitat, es va començar recollint les idees prèvies dels professors sobre la importància d'apropar la història de la ciència a l'aula. Els primers comentaris en aquest sentit coincidien a promoure la lectura de biografies de científics i fer una línia del temps dels seus descobriments, però no van pensar a recollir aspectes que haguessin caracteritzat la seva investigació.

Es va continuar explicant als professors que ara el plantejament de la pregunta investigable es faria d'una manera diferent. En aquest cas, el punt de partida seria un experiment realitzat per un científic. Per fer-ho, es va

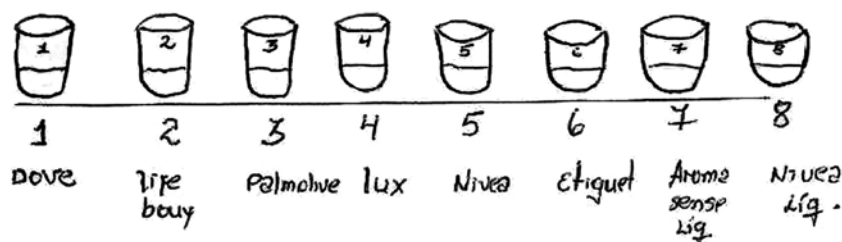


Figura 4. Apunts del quadern d'un professor la pregunta del qual feia referència a l'efecte d'un sabó i el seu corresponent pH a les mans d'una mestressa de casa.



Figura 5. Apunts del quadern d'un professor la pregunta del qual feia referència a canviar el nombre de discos i mesurar el voltatge generat.

projectar un vídeo que explicava la història del descobriment de la pila per part d'Alessandro Volta i es van discutir els conceptes involucrats juntament amb la docent, la qual va oferir les explicacions necessàries. Després, es va sol·licitar als participants que portessin a terme un petit esforç d'imaginació i pensessin què es devia haver preguntat Volta mentre investigava sobre les piles, i que ho escrivissin al quadern, ja que aquesta seria la seva pregunta investigable, per acabar l'activitat elaborant la pila tal com Volta l'havia dissenyat. A més de la projecció del vídeo, els professors tenien com a suport material de lectura relacionat amb el tema.

En aquesta tercera activitat, vam observar que les preguntes van sorgir fins i tot abans de sol·licitar el material concret per treballar. Analitzant el percentatge de preguntes investigables formulades, es pot observar que el 98 % correspon a aquesta categoria.

El fet d'ubicar el problema d'investigació en el marc de la història de la ciència va permetre als professors de situar-se en el paper i l'època de Volta. En les discussions dins dels grups, els professors es preguntaven, per exemple: «Què hauria fet Volta: escollir el material, apilar discos?», i també: «Però com va saber que els discos havien de ser diferents?», o bé: «Hi havia voltímetres a l'època?», o fins i tot: «El drap humitejat... de quin material era?» (fig. 5 i 6).

En havent començat a comprendre el problema des d'una perspectiva històrica, els professors es van començar a plantejar preguntes que permetien originar petites investigacions: «Si hi posem un disc més gruixut, què passarà amb el voltatge?», o bé: «Quants discos deuen ser necessaris per encendre un led (díode emissor de llum)?».

Quan s'analitzen els àudios i apunts de classe, es pot observar que, en aquesta tercera activitat, la gran majoria de les preguntes formulades pels professors

indagaven entorn de la relació entre variables: «Dependrà el voltatge del nombre de discos que hi col·loquem?», o bé: «Hi haurà cap diferència de voltatge si usem solucions iòniques diferents?», o bé: «Influeix la quantitat de solució electrolítica en el voltatge generat?», o també: «Influirà en el voltatge de la pila el material de què estan fets els elèctrodes que utilitzem a la pila casolana?», o fins i tot: «Influirà en la intensitat del corrent elèctric el material de què estan fets els elèctrodes que utilitzem a la pila casolana?». En un dels grups, fins i tot es va plantejar un abordatge sistemàtic per a la recollida de dades: els professors van proposar de fer un quadre de doble entrada on es registressin el voltatge i la intensitat generats en anar variant el nombre de discos (fig. 6 i 7).

Considerem que una de les raons per les quals en la tercera activitat els professors van poder proposar preguntes més complexes va ser la possibilitat de reflexionar sobre els continguts



Figura 6. Apunts del quadern d'un professor la pregunta del qual feia referència a canviar el material dels discos i mesurar el voltatge generat.



Figura 7. Construint la pila amb una pila de discos de monedes peruanes (10 i 20 cèntims) i paper humitejat en aigua amb sal.

conceptuals relacionats amb el tema des d'una perspectiva històrica, la qual cosa els va ubicar en el problema des del punt de vista dels que van explorar-lo per primera vegada. La tasca de provisió d'informació i de reflexió prèvia a l'experimentació va facilitar, molt possiblement, la formulació de preguntes que promovien l'experimentació. D'altra banda, aquesta activitat es va dur a terme després que els professors realitzessin les experiències prèvies suara descrites, que segurament van contribuir a continuar refinant la seva capacitat de plantejar preguntes que poguessin originar investigacions.

Reflexions finals

La nostra anàlisi revela la importància del maneig dels coneixements conceptuals associats als fenòmens a explorar com a element central en la possibilitat de plantejar preguntes investigables. Si bé en els tres casos analitzats els professors van treballar amb problemes derivats de situacions quotidianes



Figura 8. Mesurant el voltatge generat a la pila feta amb monedes peruanes (10 i 20 cèntims) i paper humitejat en aigua amb sal.

prou conegudes, l'abordatge conceptual dels fenòmens a cada activitat va resultar un element clau perquè aquestes situacions prenguessin sentit en el marc de l'estudi de la química.

Tal com dèiem, a la primera activitat, la possibilitat de formular preguntes que portessin a possibles investigacions va veure's empetidida per la necessitat dels participants de comprendre el fenomen en qüestió. En el segon i en el tercer cas, l'abordatge de caire conceptual del fenomen a explorar, que va tenir lloc prèviament a la tasca de formular preguntes investigables, va obrir el camí a la possibilitat de plantejar qüestions per investigar en relació amb els fenòmens, les quals van començar sent més simples (suggerint la mesura i realització d'observacions) i van avançar envers d'altres més complexes que indagaven entorn de la relació entre diverses variables. En el tercer cas, els professors van tenir, a més, un espai de reflexió més gran entorn de les preguntes que s'havien formulat els científics de l'època

a l'hora d'indagar sobre els fenòmens involucrats, la qual cosa va redundar en la possibilitat de plantejar una major quantitat de preguntes investigables més complexes.

Aquest treball es va realitzar en el marc d'un curs de formació del professorat. Tanmateix, creiem que aquestes conclusions tenen implicacions importants d'àmbit didàctic, tant en la formació docent com en l'ensenyament de nivell mitjà, atès que mostren que una indagació totalment oberta, en què els alumnes s'han d'apropar per si sols els conceptes associats al fenomen sobre el qual investigaran, no necessàriament redunda en la possibilitat de ser capaç de formular preguntes investigables, ni d'aprendre a fer-ho. Les observacions realitzades mostren que el fet que els participants comptessin amb bibliografia disponible i la possibilitat de dialogar amb els companys no van ser suficients perquè les qüestions formulades anessin més enllà del seu coneixement quotidià previ, i, per tant, po-

La tasca de provisió d'informació i de reflexió prèvia a l'experimentació va facilitar, molt possiblement, la formulació de preguntes que promouien l'experimentació

ques van resultar investigables. Hem vist també que en brindar més espai de reflexió conceptual entorn del fenomen a investigar, incloses les preguntes formulades pels científics que havien indagat el mateix fenomen per primera vegada, els participants van aconseguir de plantejar més i millors qüestions per investigar.

Els resultats obtinguts també suggereixen la importància de sostenir en el temps una seqüència d'activitats en la qual es treballi una determinada capacitat (en aquest cas, el plantejament de preguntes investigables) a través de l'exploració d'una sèrie de fenòmens diferents

emmarcats en una única disciplina, com la química. A mesura que els professors es van anar familiaritzant amb la realització d'experiències, vam poder comprovar que la seva capacitat de plantejar preguntes investigables s'anava fent més profunda i sofisticada, i també que es mostraven més confortables amb la possibilitat de pensar i portar a terme les seves pròpies investigacions.

Tornant al començament d'aquest treball, la «imaginació creativa» que assenyalaven Einstein i Infeld com a requisit per a la investigació científica (i que en aquest cas es reflecteix, almenys en part, en la capacitat de plantejar preguntes investigables) és una capacitat complexa i no innata, sinó que es desenvolupa fruit de l'ensenyament. El plantejament d'aquesta mena de qüestions requereix un tipus d'ensenyament sostingut en el temps, articulat amb la comprensió conceptual dels fenòmens a explorar, que permeti als estudiants començar a imaginar les preguntes que voldrien respondre al respecte.

Referències

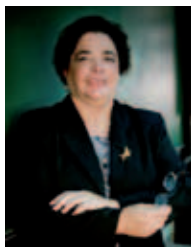
- ARONS, A. (1990). *A guide to introductory physics teaching*. Nova York: Wiley and Sons.
- EINSTEIN, A.; INFELD, L. (1986). *La evolución de la física*. Barcelona: Salvat.
- FRIEDLER, Y.; TAMIR, P. (1990). *Basic concepts in scientific research*. Jerusalem: Israel Science Teaching Center: The Hebrew University of Jerusalem.
- FURMAN, M.; PODESTÀ, M. E. (2009). *La aventura de enseñar ciencias naturales*. Buenos Aires: Aique.
- OCDE (2006). *PISA 2006: Marco de la evaluación. Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura* [en línia]. París: OCDE. <<http://www.oecd.org/dataoecd/59/2/39732471.pdf>> [Consulta: març 2013]
- ROCA, M.; MÁRQUEZ, C.; SANMARTÍ, N. (2013). «Las preguntas de los alumnos: Una propuesta de análisis». *Enseñanza de las Ciencias*, 31(1): 95-114.
- SANMARTÍ, N.; MÁRQUEZ, C. (2012). «Enseñar a plantear preguntas investigables». *Alambique*, 70: 27-36.



Melina Furman

És professora a l'Escola d'Educació de la Universitat de San Andrés (Argentina) i investigadora del Consell Nacional d'Investigacions Científiques i Tècniques (CONICET). Llicenciada en ciències biològiques i doctora en educació, està especialitzada en temes relacionats amb el disseny curricular, l'aprenentatge del pensament científic i la formació docent.

A/e: mfurman@udesa.edu.ar.



María del Carmen Barreto Pérez

És degana i professora ordinària principal de la Facultat de Ciències de l'Educació de la Universitat de Piura (Perú), a més de docent als cursos de didàctica general i química al PRONAFCAP. És enginyera industrial, llicenciada en ciències de l'educació (nivell secundari) i màster en educació amb menció en teories i pràctiques educatives.

A/e: marycarmen.barreto@udep.pe.



Neus Sanmartí Puig

És catedràtica emèrita de didàctica de les ciències a la Universitat Autònoma de Barcelona. Doctora en ciències químiques (didàctica), està especialitzada en temes relacionats amb el desenvolupament curricular, l'avaluació formativa i el llenguatge amb relació a l'aprenentatge científic.

A/e: Neus.Sanmarti@uab.cat.

El proceso de aprender a plantear preguntas investigables

El procés d'aprendre a plantejar preguntes investigables

The process of learning to ask researchable questions

Melina Furman / Universidad de San Andrés. Escuela de Educación (Argentina)

María del Carmen Barreto Pérez / Universidad de Piura. Facultad de Ciencias de la Educación (Perú)

Neus Sanmartí Puig / Universitat Autònoma de Barcelona



resumen

En este trabajo se discute acerca de cómo plantear actividades experimentales que promuevan el desarrollo de la capacidad de formular preguntas investigables. Se presentan tres actividades de indagación en química con distinto grado de acompañamiento a nivel conceptual. Nuestros resultados sugieren que la comprensión conceptual de los fenómenos observados es un requisito indispensable para posibilitar el planteamiento de preguntas investigables y, además, que esta capacidad se favorece si a lo largo del tiempo se llevan a cabo trabajos enfocados a la exploración empírica de fenómenos.

palabras clave

Preguntas investigables, indagación, didáctica de la química, trabajos prácticos.

resum

En aquest treball es discuteix com es poden plantejar activitats experimentals que promoguin el desenvolupament de la capacitat de formular preguntes investigables. Es presenten tres activitats d'indagació en química amb diferents graus d'acompanyament en l'àmbit conceptual. Els nostres resultats suggereixen que la comprensió conceptual dels fenòmens observats és un requisit indispensable per possibilitar el plantejament de preguntes investigables i, a més, que aquesta capacitat s'afavoreix si al llarg del temps es duen a terme treballs enfocats a l'exploració empírica de fenòmens.

paraules clau

Preguntes investigables, indagació, didàctica de la química, treballs pràctics.

abstract

This study discusses the kinds of experimental work in the science classroom that promotes the development of the skill of asking researchable questions. We present three inquiry-based chemistry activities, with different degrees of teacher guidance. Our results suggest that conceptual understanding of the phenomena under investigation is a key requisite for students to be able to ask researchable questions. We also show that this skill is promoted if empirical inquiry of natural phenomena is developed in the science classroom over time.

keywords

Researchable questions, inquiry-based teaching, chemistry teaching, laboratory work.

¿Por qué enseñar a plantear preguntas investigables?

Allí por el año 1938, Albert Einstein y Leopold Infeld hablaban, en su libro *La evolución de la física*, sobre la importancia de formular

preguntas como modo de avanzar en nuestro conocimiento del mundo: «Postular nuevas preguntas, nuevas posibilidades, mirar viejos problemas desde un nuevo ángulo», decían, «requiere imagi-

nación creativa y marca el avance real en las ciencias». Del mismo modo que para los científicos, para los estudiantes las preguntas pueden ser un punto de partida para la exploración curiosa, a la

vez que sistemática y rigurosa, de un mundo que comienza a ser cada vez más comprensible, extendiendo la frontera entre aquello que conocen y aquello que aún resta seguir aprendiendo.

La capacidad de plantear preguntas, y en particular preguntas investigables, es decir, aquellas a las que se puede dar respuesta de manera empírica, mediante observaciones o experimentos, es por lo tanto un aprendizaje central en la formación científica de todo ciudadano. En particular en un mundo en permanente cambio como el actual, la adquisición de información fáctica comienza a tener un lugar secundario frente al aprendizaje de las capacidades de análisis, búsqueda y producción de dicha información. En este escenario, la capacidad de formularse buenas preguntas y diseñar caminos metodológicamente válidos para responderlas comienza a ocupar un rol cada vez más fundamental en la formación de estudiantes con pensamiento crítico y autónomo, cada vez más dueños de su propio trayecto de aprendizaje.

En sintonía con esta perspectiva, el programa de evaluación OCDE (2006) establece la capacidad de identificar cuestiones científicas como una de las tres competencias científicas básicas. En su definición, se menciona la capacidad de «reconocer interrogantes que pueden ser investigados científicamente en una situación dada», junto con la posibilidad de comenzar a pensar en escenarios de respuesta desde un diseño de investigación válido, «por ejemplo, qué elementos deben ser comparados, qué variables deberían modificarse o someterse a control, qué información complementaria se requiere o qué medidas han de adoptarse para recoger los datos que hacen al caso».

La visión del conocimiento como el resultado de un proceso de búsqueda llevado a cabo por seres humanos que intentan responder preguntas no solo se alinea con la práctica auténtica de la investigación científica, sino que incluso tiene el potencial de acercar a los alumnos a la idea de que ellos mismos pueden ser actores en ese proceso de generación de ideas (Furman y Podestá, 2009). Generar buenas preguntas investigables y abordar el desafío de responderlas enriquece la formación de un estudiantado que se percibe a sí mismo como poseedor de herramientas poderosas para estudiar el mundo.

El trabajo en el aula con preguntas investigables abre las puertas también a la enseñanza de aspectos fundamentales de la naturaleza de la ciencia. Al respecto, Arons (1990) mencionaba la importancia de que los alumnos fueran capaces de «comprender las limitaciones inherentes a la indagación científica y ser conscientes de los tipos de preguntas que no se formulan ni se contestan; ser conscientes del sinfín de preguntas sin contestar que reside detrás de toda pregunta contestada».

La transposición del proceso de formulación de preguntas en la práctica científica a la construcción del conocimiento científico escolar conlleva promover en el aula situaciones que faciliten que el alumnado se plantee interrogantes orientados a la indagación acerca de un fenómeno, incluyendo su descripción, la búsqueda de mecanismos causales y la puesta a prueba de hipótesis. Sin embargo, la tradición del trabajo en el aula aplica un contrato didáctico, aceptado por profesores y estudiantes, en función del cual a quien enseña le corresponde plantear preguntas y a quien aprende, responder-

las. Tradicionalmente, las preguntas del alumnado solo tienen la función de pedir aclaraciones, y no tanto la de dirigir el propio proceso de aprender (Sanmartí y Márquez, 2012). En la línea de esta observación, los estudios muestran que las preguntas que se relacionan con la comprobación, la predicción, la gestión o la evaluación son muy poco frecuentes en el aula, mientras que la gran mayoría de las preguntas formuladas tanto por estudiantes como por sus docentes tienen que ver con la descripción y la generalización (Roca, Márquez y Sanmartí, 2013).

Enseñar a plantear preguntas investigables a partir de actividades experimentales

Tal como indicaban Friedler y Tamir (1990), el primer paso de una investigación científica es definir el problema que se debe investigar, pero ¿qué es un problema científico?, y ¿qué características tienen las preguntas que se generan a partir de él que sean susceptibles de ser investigadas?

En ciencias, la decisión de definir algo como problema de investigación es una cuestión subjetiva derivada del propio juicio interno y está influida por diferentes factores, como, por ejemplo, los intereses personales, económicos y sociales, o incluso los conocimientos previos e instrumentos de que se dispone. La curiosidad y el espíritu indagador pueden ser el trasfondo para identificar problemas más específicos, pero no todas las curiosidades o rarezas se convierten automáticamente en temas de investigación científica.

Más allá del deseo de indagar acerca de una cierta cuestión, para que realmente el problema se concrete como punto de partida de una investigación, es

preciso formularlo en palabras que otros entiendan y con la precisión necesaria para que se pueda investigar. A partir de un problema general o de gran amplitud, es importante escoger una pregunta más específica que haga referencia a la relación entre diversos factores o fenómenos, es decir, una «pregunta investigable». Por ejemplo, a partir de la pregunta general «¿qué provoca el cáncer?», nos podemos plantear cuestiones más específicas que abran la puerta a pensar una investigación, como, por ejemplo, «¿existe una relación entre fumar y tener cáncer?», o bien, de modo aún más concreto, «¿influye la cantidad de cigarrillos diarios que fuma una persona en la probabilidad de tener cáncer de pulmón?». Estas preguntas orientan hacia la planificación de experimentos y la realización de determinadas observaciones cuyos resultados posibiliten identificar evidencias que validen una posible respuesta al interrogante planteado.

En este trabajo nos preguntamos acerca de modos de trabajar en el aula que promuevan la formulación de preguntas investigables a partir de la observación de fenómenos. Nos ha interesado estudiar qué clase de acompañamiento didáctico favorece el desarrollo de esta capacidad en el marco del estudio de la química. Para ello, analizamos el caso de un curso semestral de formación de profesores de ciencias de secundaria impartido en la Universidad de Piura (Perú), que forma parte de PRONAFCAP, un programa nacional de capacitación y formación permanente del Ministerio de Educación peruano. A lo largo del curso, se realizaron una serie de actividades experimentales que abordaban distintos contenidos conceptuales y didácticos para la enseñanza de la química. La investigación se realizó a partir del material

recogido durante las clases impartidas en el curso 2011-2012, con una muestra constituida por los cuarenta profesores participantes del curso. Todos ellos estaban en ejercicio docente, distribuidos en treinta y siete colegios estatales del departamento de Piura, en secundaria, y su nivel de conocimientos de química era diverso.

En las actividades que describimos a continuación, los profesores, trabajando en pequeños grupos, propusieron una serie de preguntas investigables para avanzar luego en la construcción de diseños experimentales que permitieran responderlas. Para cada una de las actividades, analizamos la cantidad y el tipo de preguntas que los profesores plantearon, clasificándolas en «investigables» y «no investigables» y caracterizándolas de acuerdo con su propósito.

Las actividades que se presentan en este escrito respondían a tres diseños distintos:

- La primera fue planteada como una actividad de indagación totalmente abierta e implicaba el manejo de saberes conceptuales que se asumían como conocidos.

- La segunda partió del contexto cotidiano, utilizando el análisis de publicidades como recurso para profundizar en el contenido conceptual asociado a los fenómenos a investigar, y solo posteriormente se pidió que se formularan preguntas.

- En la tercera, el acercamiento se hizo a partir de un relato de la historia de la ciencia que sirvió para que los participantes se pusieran en el rol de los investigadores de la época y pudieran aprender el contenido conceptual asociado al fenómeno a explorar, y ello también antes de formular las preguntas.

A continuación, describimos

el desarrollo de las actividades en el aula y los desempeños de los profesores participantes con el fin de reflexionar acerca de las distintas posibilidades y desafíos que se plantean de acuerdo con el tipo de acompañamiento didáctico ofrecido en cada una de ellas, pensando en su posterior aplicación en el contexto de la enseñanza en secundaria.

Análisis de cada tipo de actividad

Tipo 1: indagación abierta que asume saberes conceptuales conocidos

Esta actividad se inició solicitando a los profesores que pensarán en una situación de la vida cotidiana, como, por ejemplo, prepararse una taza de chocolate con leche, comprobar que la reja de la puerta de su casa estaba oxidada o tomar un zumo de naranja. A partir de ahí, se les pidió que plantearan alguna pregunta que se podría investigar en relación con alguno de estos fenómenos.

No se dio ninguna información adicional, ni se discutió en gran grupo acerca de los conceptos con los que se relacionaban estos fenómenos. Tampoco se ayudó a establecer conexiones con otros temas trabajados, aunque los profesores contaban con libros para hacer las consultas que necesitaran y conexión a internet para realizar la búsqueda de información que consideraran pertinente. Inicialmente, se trabajó en pequeños grupos, y cada uno de ellos abordó uno de los fenómenos mencionados.

Al analizar los audios y las notas de campo realizadas en clase, se observa que en todos los casos los estudiantes, primero, se preguntaron sobre el fenómeno y buscaron entenderlo. Por ejemplo, en el fenómeno de la oxidación del hierro, decían: «Nos han pedido una pregunta para investigar, para que los alumnos hagan

un diseño. Pero ¿por qué se oxida el hierro?, ¿cómo se contrarresta la oxidación?». En el caso de la solubilidad de la sal y el azúcar, decían: «Tenemos que ver qué es la solubilidad, miremos en el libro... Creo que tiene que ver con los gramos que vas agregando hasta que desaparece, si es que se forma una solución saturada». Finalmente, uno de los grupos que trabajaba con el zumo de naranja y la vitamina C fue el que tuvo más dificultades, ya que el tema le era desconocido. Sus preguntas iniciales fueron: «La vitamina C... ¿dónde se encuentra?, ¿cómo se puede determinar si está presente?». En cambio, en otro de los grupos que trabajaba con el mismo fenómeno, había una profesora que lo conocía y que explicó a sus compañeros qué es

aire y el agua, o bien que la temperatura favorece la disolución del azúcar en la leche, o también que muchos zumos con vitamina C son ácidos.

Estas conexiones fueron las que les llevaron a plantearse la mayoría de las preguntas que finalmente formularon. En algunos casos, no llegaron a concretar las variables que investigarían o solo pensaron en las que ya creían conocer la respuesta. Así, escribieron: «¿Cuáles son los factores que contribuyen a la oxidación del hierro?, ¿qué condiciones favorecen la oxidación del hierro?», y también: «¿Influirá la temperatura en la disolución del azúcar en el agua?», o bien: «¿Qué fruta tendrá más contenido de vitamina C?» (fig. 1). Solo el grupo que demostró



Figura 1. Determinación de la vitamina C en zumo de limón y otras sustancias.

la vitamina C, dónde se encuentra e incluso cómo se podía hacer un análisis cualitativo de la presencia de la sustancia en distintos zumos. Esto permitió que el grupo avanzara más rápidamente hacia la formulación de preguntas acerca del fenómeno.

Posteriormente, los profesores buscaron establecer conexiones con experiencias y observaciones previas. Así, recordaron que algunos objetos de hierro de su casa se habían oxidado estando a la intemperie, en contacto con el

más conocimientos de química fue capaz de tenerlos en cuenta al plantearse las preguntas. En concreto, sus miembros recordaron que habían determinado el pH utilizando zumo de col morada en una clase anterior y se plantearon: «¿Influirá la acidez en la cantidad de vitamina C?».

Es interesante observar que, en esta actividad, cuando se pidió a los profesores que plantearan preguntas investigables, solo un 58 % de las preguntas correspondió a esta categoría. El resto de los interro-

gantes correspondió a preguntas de otro tipo, como aquellas que tenían que ver con explicaciones causales («¿Cómo es que se forma esta capa marrón?») o con definiciones de términos («¿Qué reacción química se observa en un clavo oxidado?»), que no resultaban útiles como punto de partida para una posible investigación.

Como discutiremos luego, la comprensión conceptual de los fenómenos involucrados en la actividad parece ser un factor clave que subyace a la capacidad de formular preguntas investigables por parte de los docentes, sin la cual la posibilidad misma de plantear este tipo de preguntas se ve muy limitada.

Tipo 2: indagación guiada con discusión conceptual previa del fenómeno a investigar

En esta actividad, se comenzó recogiendo las ideas previas de los profesores acerca de la importancia de aplicar los conocimientos de química y de desarrollar habilidades de pensamiento científico y de análisis de información en relación con hechos de la vida cotidiana, como, por ejemplo, la elección de un producto de uso cotidiano: un champú, una pasta de dientes o un jabón.

Luego, se proyectaron en clase cuatro videos publicitarios en los que se exponían las cualidades de diversos productos, incluyendo conceptos químicos, como pH. Estos videos constituyeron un punto de partida para que la docente del curso pudiera hablar de los conceptos implicados en los fenómenos que se proponía luego investigar. Durante la discusión de los videos, los profesores ya comenzaron a formular algunos comentarios preliminares que podían dar origen a eventuales investigaciones, como, por ejemplo: «¿Será verdad que el pH de esta marca de jabón es 5,5?», o también: «¿Qué pasará con los



Figura 2. Midiendo el pH de diferentes marcas de jabón para lavar ropa.



Figura 3. Midiendo el pH de diferentes marcas de champú.

otros jabones?» (fig. 2 y 3), y, junto con los interrogantes, propuestas para comenzar a investigarlos: «Eso lo podemos medir. Tenemos todos los materiales necesarios en la mesa de trabajo para hacerlo».

En este punto de la actividad, se les asignó un objetivo a cumplir: la elección de un jabón y una pasta de dientes para la higiene personal usando como criterio de selección el factor del pH del jabón. En el marco de esta tarea, los profesores debían proponer preguntas que les permitieran indagar sobre la acción limpiadora de los diferen-

tes productos y solucionar el problema planteado.

Para investigar la acción limpiadora de los jabones y las pastas de dientes en función de su pH, los profesores contaron con colaboración para medir el pH, distintas marcas de jabones y pastas de dientes y otros materiales necesarios, como vasos descartables.

En esta segunda versión de la actividad, pudimos observar que el planteamiento de preguntas resultó más ágil y sencillo que en la primera. Al profundizar inicialmente sobre los aspectos conceptuales del fenómeno

cotidiano a investigar, los profesores pudieron comenzar a plantear un mayor número de preguntas investigables que en la actividad anterior (en este caso, el 70 % de las preguntas correspondió a esta categoría).

Observamos también que el proceso comenzó con el planteamiento de algunas cuestiones simples, que invitaban a realizar mediciones y comparaciones, para luego incorporar otras más sofisticadas. Las preguntas formuladas al inicio por los profesores apuntaron a la medición y comparación del pH de los jabones y las pastas de dientes: «¿El pH de las pastas dentales dependerá de la marca?», o bien: «¿Habrà diferencia en el pH de un jabón en polvo y uno líquido?». A medida que avanzaban las discusiones en cada grupo, fueron surgiendo preguntas más complejas que proponían identificar la relación entre variables: «¿Cómo afectará el nivel de pH de los jabones cosméticos en el cuidado de la piel?», o bien: «¿Qué afectará más las manos de un ama de casa: lavar con un jabón de marca Ariel, un lavavajillas o un jabón líquido?» (fig. 4).

Es posible que el mayor manejo conceptual por parte de los profesores en esta actividad haya sido un elemento importante en el desarrollo de su capacidad de plantear preguntas investigables. Al mismo tiempo, dado que esta sesión se llevó a cabo a continuación de la primera actividad, nuestros resultados nos dan la pauta de que la

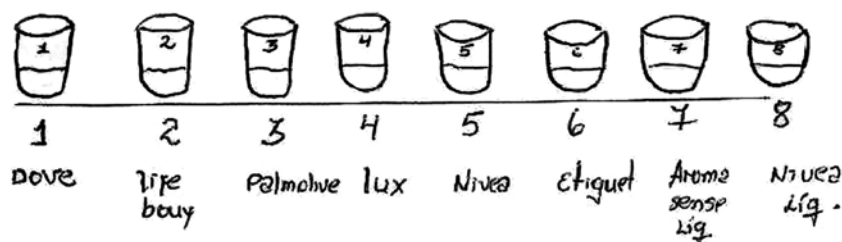


Figura 4. Apuntes del cuaderno de un profesor cuya pregunta hacía referencia al efecto de un jabón y su correspondiente pH en las manos de un ama de casa.

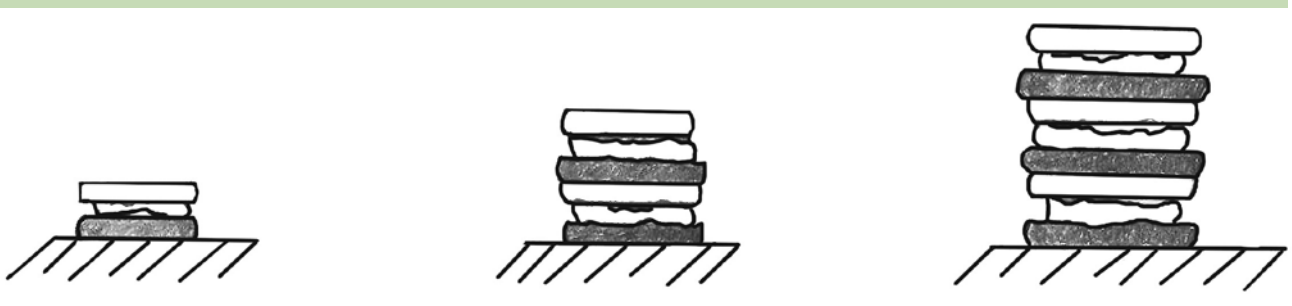


Figura 5. Apuntes del cuaderno de un profesor cuya pregunta hacía referencia a cambiar el número de discos y medir el voltaje generado.

posibilidad de sostener un mismo tipo de trabajo a lo largo del tiempo (es decir, de continuar trabajando con los profesores en la formulación de preguntas investigables y el planteamiento de diseños de investigación para responderlas) resultó fructífera para avanzar y profundizar en esta capacidad.

Tipo 3: indagación guiada con análisis conceptual previo basado en un caso de la historia de la ciencia

En esta actividad, se comenzó recogiendo las ideas previas de los profesores sobre la importancia de acercar la historia de la ciencia al aula. Sus primeros comentarios en este sentido coincidían en promover la lectura de biografías de científicos y hacer una línea de tiempo de sus descubrimientos, pero no pensaron en recoger aspectos que hubieran caracterizado su investigación.

Se continuó explicando a los profesores que ahora el planteamiento de la pregunta investigable se haría de manera diferente. En este caso, el punto de partida sería un experimento realizado por un científico. Para ello, se proyectó un video que contaba la historia del descubrimiento de la pila por Alessandro Volta y se discutieron los conceptos involucrados junto con la docente, quien ofreció las

explicaciones necesarias. Luego, se solicitó a los participantes que llevaran a cabo un pequeño esfuerzo de imaginación y pensarán qué se habría preguntado Volta durante sus investigaciones sobre las pilas, y que lo escribirían en su cuaderno, ya que esta sería su pregunta investigable, para terminar la actividad elaborando la pila tal y como Volta la diseñó. Además de la proyección del video, los profesores tenían como apoyo material de lectura relacionado con el tema.

En esta tercera actividad, observamos que las preguntas surgieron incluso antes de solicitar el material concreto para trabajar. Analizando el porcentaje de preguntas investigables formuladas, se puede observar que el 98 % corresponde a esta categoría.

Ubicar el problema de investigación en el marco de la historia de la ciencia permitió a los profesores situarse en el papel de Volta y en su época. En las discusiones dentro de los grupos, los profesores se preguntaban, por ejemplo: «¿Qué habría hecho Volta: escoger el material, apilar discos?», y también: «Pero ¿cómo supo que los discos debían ser diferentes?», o bien: «¿Había voltímetros en aquella época?», o incluso: «El paño humedecido... ¿de qué material era?» (fig. 5 y 6).

Tras empezar a comprender el problema desde una perspectiva histórica, los profesores comenzaron a plantearse preguntas que permitían dar origen a pequeñas investigaciones: «Si ponemos un disco más grueso, ¿qué sucederá con el voltaje?», o bien: «¿Cuántos discos serán necesarios para prender un led (diodo emisor de luz)?».

Cuando se analizan los audios y apuntes de clase, se puede observar que, en esta tercera actividad, la gran mayoría de las preguntas formuladas por los profesores indagaban acerca de la relación entre variables: «¿Dependerá el voltaje del número de discos que coloquemos?», o bien: «¿Habrá alguna diferencia de voltaje si usamos diferentes soluciones iónicas?», o bien: «¿Influirá la cantidad de solución electrolítica en el voltaje generado?», o también: «¿Influirá en el voltaje de la pila el material del que están hechos los electrodos que utilizamos en la pila casera?», o incluso: «¿Influirá en la intensidad de la corriente eléctrica el material de que están hechos los electrodos que utilizamos en la pila casera?». En uno de los grupos, incluso se planteó un abordaje sistemático para la recolección de datos: los profesores propusieron hacer un cuadro de doble entrada donde se registrara el voltaje y la intensi-



Figura 6. Apuntes del cuaderno de un profesor cuya pregunta hacía referencia a cambiar el material de los discos y medir el voltaje generado.



Figura 7. Construyendo la pila con una pila de discos de monedas peruanas (10 y 20 céntimos) y papel humedecido en agua con sal.

dad generados al ir variando el número de discos (fig. 6 y 7).

Consideramos que una de las razones por las que en esta tercera actividad los profesores pudieron proponer preguntas de mayor complejidad fue la posibilidad de reflexionar sobre los contenidos conceptuales relacionados con el tema desde una perspectiva histórica, lo que los ubicó en el problema desde la mirada de aquellos que lo exploraban por primera vez. El trabajo de acopio de información y de reflexión previa a la experimentación facilitó, muy posiblemente, la formulación de preguntas que promovían la experimentación. Por otra parte, esta actividad se dio luego de que los profesores realizaran las experiencias previas antes descritas, que seguramente contribuyeron a continuar refinando su capacidad de plantear preguntas que pudieran dar lugar a investigaciones.

Reflexiones finales

Nuestro análisis revela la importancia del manejo de los



Figura 8. Midiendo el voltaje generado en la pila hecha con monedas peruanas (10 y 20 céntimos) y papel humedecido en agua con sal.

saberes conceptuales asociados a los fenómenos a explorar como elemento central en la posibilidad de plantear preguntas investigables. Si bien en los tres casos analizados los profesores trabajaron con problemas derivados de situaciones cotidianas bien conocidas, el abordaje conceptual de los fenómenos en cada actividad resultó un elemento clave para que dichas situaciones cobraran sentido en el marco del estudio de la química.

Como dijimos, en la primera actividad, la posibilidad de formular preguntas que condujeran a posibles investigaciones se vio mermada por la necesidad de los participantes de comprender el fenómeno en cuestión. En el segundo y el tercer caso, el abordaje a nivel conceptual del fenómeno a explorar, que se dio previamente al trabajo de formular preguntas investigables, abrió el camino a la posibilidad de plantear cuestiones para investigar en relación con dichos fenómenos, que comenzaron siendo más simples (apuntando a la medición y realización de

observaciones) y avanzaron hacia otras más complejas que indagaban acerca de la relación entre distintas variables. En el tercer caso, los profesores tuvieron, además, un espacio de reflexión mayor sobre las preguntas que se formularon los científicos de la época al indagar acerca de los fenómenos involucrados, lo que redundó en la posibilidad de plantear una mayor cantidad de preguntas investigables de mayor complejidad.

Nuestro trabajo se realizó en el marco de un curso de formación del profesorado. Sin embargo, pensamos que estas conclusiones tienen implicaciones importantes a nivel didáctico, tanto en la formación docente como en la enseñanza en el nivel medio, dado que muestran que una indagación totalmente abierta, en la que los alumnos deben acercarse por sí solos los conceptos asociados al fenómeno sobre el que van a investigar, no necesariamente redundaría en la posibilidad de ser capaz de formular preguntas investigables, ni de aprender a hacerlo.

Las observaciones realizadas muestran que el hecho de que los participantes contaran con bibliografía disponible y la posibilidad de diálogo con sus pares no fueron suficientes para que las cuestiones formuladas fueran más allá de su conocimiento cotidiano previo, y, por ende, pocas de ellas resultaron investigables. Hemos visto también que al brindar un mayor espacio de reflexión conceptual acerca del fenómeno a investigar, incluyendo las preguntas formuladas por los científicos que indagaron ese fenómeno por primera vez, los participantes lograron plantear más y mejores cuestiones para ser investigadas.

Los resultados obtenidos también apuntan a la importancia de sostener en el tiempo una secuencia de actividades en la que se trabaje una misma capacidad (en este caso, el planteamiento de preguntas investigables) a través de la exploración de una serie de fenómenos distintos enmarcados en una misma disciplina, como es

la química. A medida que los profesores fueron familiarizándose con la realización de experiencias, pudimos comprobar que su capacidad de plantear preguntas investigables se fue profundizando y haciendo más sofisticada, y también que se mostraron más confortables con la posibilidad de pensar y llevar a cabo sus propias investigaciones.

Volviendo al comienzo de este trabajo, la «imaginación creativa» que señalaban Einstein e Infeld como requisito para la investigación científica (y que en este caso se refleja, al menos en parte, en la capacidad de plantear preguntas investigables) es una capacidad compleja que no viene dada de antemano, sino que se desarrolla como fruto de la enseñanza. El planteamiento de este tipo de cuestiones requiere un tipo de enseñanza sostenido en el tiempo, articulado con la comprensión conceptual de los fenómenos a explorar, que permita a los estudiantes comenzar a imaginarse aquellas preguntas que desearían responder sobre ellos



Melina Furman

Es profesora en la Escuela de Educación de la Universidad de San Andrés (Argentina) e investigadora del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Licenciada en Ciencias Biológicas y doctora en Educación, está especializada en temas relacionados con el diseño curricular, el aprendizaje del pensamiento científico y la formación docente.

A/e: mfurman@udesa.edu.ar.



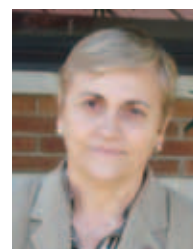
María del Carmen Barreto Pérez

Es decana y profesora ordinaria principal de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Piura (Perú), además de capacitadora en los cursos de Didáctica General y Química en el PRONAFCA. Es ingeniera industrial, licenciada en Ciencias de la Educación (Nivel Secundario) y magíster en Educación con mención en Teorías y Prácticas Educativas.

A/e: marycarmen.barreto@udep.pe.

Referencias

- ARONS, A. (1990). *A guide to introductory physics teaching*. Nova York: Wiley and Sons.
- EINSTEIN, A.; INFELD, L. (1986). *La evolución de la física*. Barcelona: Salvat.
- FRIEDLER, Y.; TAMIR, P. (1990). *Basic concepts in scientific research*. Jerusalem: Israel Science Teaching Center: The Hebrew University of Jerusalem.
- FURMAN, M.; PODESTÀ, M. E. (2009). *La aventura de enseñar ciencias naturales*. Buenos Aires: Aique.
- OCDE (2006). *PISA 2006: Marco de la evaluación. Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura* [en línea]. París: OCDE. <<http://www.oecd.org/dataoecd/59/2/39732471.pdf>> [Consulta: març 2013]
- ROCA, M.; MÁRQUEZ, C.; SANMARTÍ, N. (2013). «Las preguntas de los alumnos: Una propuesta de análisis». *Enseñanza de las Ciencias*, 31(1): 95-114.
- SANMARTÍ, N.; MÁRQUEZ, C. (2012). «Enseñar a plantear preguntas investigables». *Alambique*, 70: 27-36.



Neus Sanmartí Puig

Es catedrática emérita de Didáctica de las Ciencias en la Universitat Autònoma de Barcelona. Doctora en Ciencias Químicas (Didáctica), está especializada en temas relacionados con el desarrollo curricular, la evaluación formativa y el lenguaje con relación al aprendizaje científico.

A/e: Neus.Sanmarti@uab.cat.